

COMBUSTION CONTROL APPARATUS FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE

Publication number: JP2002115593

Publication date: 2002-04-19

Inventor: YAMAGUCHI KOICHI; SAKAKIDA AKIHIRO; KUBO MASAOKI; URUSHIBARA TOMONORI

Applicant: NISSAN MOTOR

Classification:

- international: F02P5/15; F02B23/10; F02D41/02; F02D41/34;
F02B75/12; F02P5/15; F02B23/10; F02D41/02;
F02D41/34; F02B75/00; (IPC1-7): F02D41/34;
F02B23/10; F02D41/02; F02P5/15

- European:

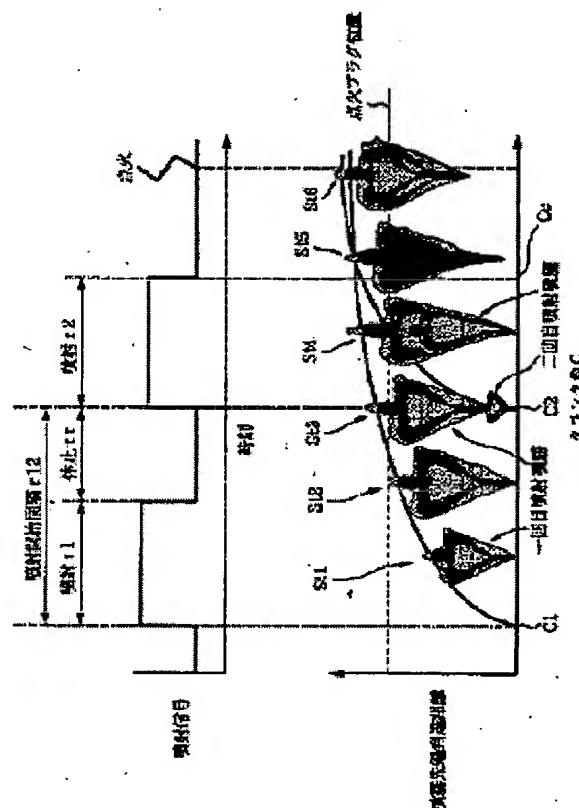
Application number: JP20000305348 20001004

Priority number(s): JP20000305348 20001004

Report a data error here

Abstract of JP2002115593

PROBLEM TO BE SOLVED: To distribute fuel to an appropriate position in an appropriate degree of concentration in a combustion chamber by properly carrying out split injection of fuel. **SOLUTION:** Required amount of fuel injection under the condition of injecting the fuel in a compression stroke, is injected by split injection in which the fuel is injected in plural fuel injection periods constituting an initial spray (small spray angle and high spray speed) and a main spray (large spray angle and low spray speed) in the compression stroke. The condition for the split injection is set depending on the operating condition (the number of split injections N (2 in the figure), the injection start period τ_{12} and the proportion of fuel injection amount, or the like).



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-115593

(P2002-115593A)

(43) 公開日 平成14年4月19日 (2002. 4. 19)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F 0 2 D 41/34

F 0 2 B 23/10

F 0 2 D 41/02

F 0 2 P 5/15

3 3 0

F I

F 0 2 D 41/34

F 0 2 B 23/10

F 0 2 D 41/02

F 0 2 P 5/15

テーマコード* (参考)

H 3 G 0 2 2

D 3 G 0 2 3

3 3 0 A 3 G 3 0 1

A

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号

特願2000-305348(P2000-305348)

(22) 出願日

平成12年10月4日 (2000. 10. 4)

(71) 出願人 000003997

日産自動車株式会社

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地

(72) 発明者 山口 浩一

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産

自動車株式会社内

(72) 発明者 榊田 明宏

神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産

自動車株式会社内

(74) 代理人 100078330

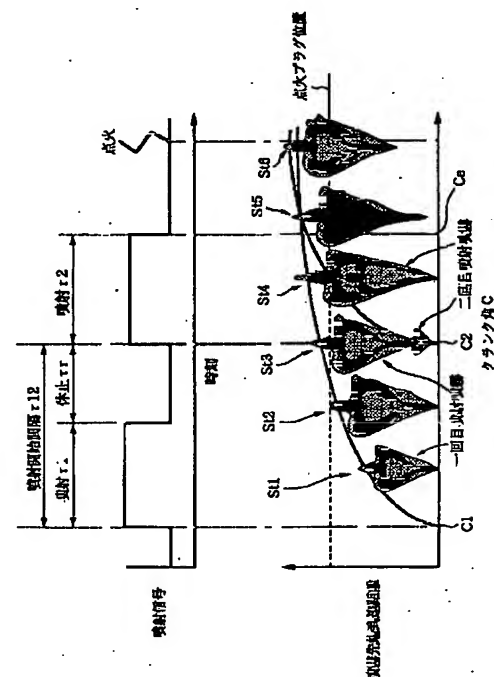
弁理士 笹島 富二雄

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 内燃機関の燃焼制御装置

(57) 【要約】

【課題】 燃料の分割噴射を的確に行い、燃焼室内において適切な位置に及び適切な集中度で燃料を分布させる。

【解決手段】 圧縮行程に燃料を噴射する条件の要求燃料噴射量を、圧縮行程において、燃料噴射弁が初期噴霧（噴霧角が小さく、噴霧速度が高い）と主噴霧（噴霧角が大きく、噴霧速度が低い）とを形成する複数の噴射期間に分割噴射する。分割噴射の条件（分割回数N（図では2）、噴射開始期間 τ_1 2及び噴射量割合など）は、運転条件に応じて設定する。

【特許請求の範囲】

【請求項1】燃焼室内に燃料を直接噴射する燃料噴射弁と、点火プラグとを備え、少なくとも圧縮行程において燃料を噴射する運転条件を持つ内燃機関の燃焼制御装置であって、

前記燃料噴射弁に対して、圧縮行程に燃料を噴射する場合の要求燃料噴射量を、圧縮行程において、前記燃料噴射弁の噴射特性がほぼ等しくなる複数の噴射期間に分割して、噴射させる分割噴射制御手段を備えることを特徴とする内燃機関の燃焼制御装置。

【請求項2】前記分割噴射制御手段は、前記分割して噴射された燃料のうち先に噴射されたものに対して、その後噴射された燃料が前記点火プラグの近傍において重なるように、噴射させることを特徴とする請求項1に記載の内燃機関の燃焼制御装置。

【請求項3】前記点火プラグに対して、前記先に噴射された燃料と後に噴射された燃料とが点火プラグの近傍において重なり合っているときに点火させる点火時期制御手段を設けたことを特徴とする請求項2に記載の内燃機関の燃焼制御装置。

【請求項4】前記分割噴射制御手段は、運転条件に応じて、噴射開始間隔及び噴射量割合のうち少なくとも一方を可変とすることを特徴とする請求項1～3のいずれか1つに記載の内燃機関の燃焼制御装置。

【請求項5】前記分割噴射制御手段は、機関回転速度の低下に応じて噴射開始間隔を拡大することを特徴とする請求項4に記載の内燃機関の燃焼制御装置。

【請求項6】前記分割噴射制御手段は、機関回転速度の低下に応じて全噴射量に対する最終回の噴射量割合を増大させることを特徴とする請求項4又は5に記載の内燃機関の燃焼制御装置。

【請求項7】前記分割噴射制御手段は、機関負荷の低下に対して、噴射開始間隔をほぼ一定に保ちながら1回当たりの噴射量を減少させることを特徴とする請求項4～6のいずれか1つに記載の内燃機関の燃焼制御装置。

【請求項8】前記分割噴射制御手段は、機関負荷の低下に応じて全噴射量に対する最終回の噴射量割合を増大させることを特徴とする請求項4～7のいずれか1つに記載の内燃機関の燃焼制御装置。

【請求項9】前記分割噴射制御手段に対して、運転条件に応じて分割回数を設定する分割回数設定手段を設けたことを特徴とする請求項1～8のいずれか1つに記載の内燃機関の燃焼制御装置。

【請求項10】前記分割噴射制御手段は、噴射期間の間の噴射休止期間が前記燃料噴射弁の最短閉弁期間より短くなる条件において、前記要求燃料噴射量を1回の噴射によって噴射することを特徴とする請求項1～9のいずれか1つに記載の内燃機関の燃焼制御装置。

【請求項11】前記噴射休止期間が最短閉弁期間より短くなる条件は、前記内燃機関の高回転及び高負荷運転条

件であることを特徴とする請求項10に記載の内燃機関の燃焼制御装置。

【請求項12】前記分割噴射制御手段は、3回以上の分割噴射を行う場合に、後の噴射ほど直前の噴射からの噴射開始間隔を短縮して噴射させることを特徴とする請求項1～11のいずれか1つに記載の内燃機関の燃焼制御装置。

【請求項13】機関温度検出手段と、該手段からの出力を受け、機関冷間時に前記分割噴射制御手段による燃料の分割噴射を禁止させる分割噴射禁止手段を設けたことを特徴とする請求項1～12のいずれか1つに記載の内燃機関の燃焼制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、内燃機関の燃焼制御装置に関し、より詳細には、直噴火花点火式内燃機関において成層燃焼運転時の圧縮行程燃料噴射を複数回に分けることにより、所望の噴霧形態を得る技術に関する。

【0002】

【従来の技術】直噴火花点火式内燃機関における従来の分割燃料噴射技術として、機関低回転低負荷運転時の成層燃焼運転時に燃焼噴射を少なくとも2回に分けて行い、先に噴射された燃料によって燃焼室内に均一な混合気を形成するとともに、後に噴射された燃料によって形成される集中的な混合気が点火プラグの近傍を通過するタイミングに合わせて点火することで、燃焼安定性を向上しつつ、燃料と空気との混合不足による未燃炭化水素(HC)の発生を防止しようとする技術が知られている(特開平9-256936号公報参照)。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような分割噴射では、一部の運転領域において燃焼安定性の向上及びHC発生量の低減といった効果を得ることができるものの、次に述べる特定の運転領域において問題がある。すなわち、従来は、先に噴射された燃料が燃焼室全体に拡散して希薄な均一混合気を形成していたが、燃料噴射量の少ない機関低負荷運転時では、この先に噴射された燃料が過度に希薄な混合気を形成し、不完全燃焼を生じることによってかえってHC発生量を増大させてしまう場合がある。

【0004】また、混合気を吸気のタンブル流動に乗せて点火プラグの近傍に輸送しようとする方式の直噴火花点火式内燃機関において上記従来の分割噴射を実施する場合には、次のような問題も生じる。すなわち、噴霧の運動量に対して吸気の運動量が相対的に小さく吸気のタンブル流動に乗せた混合気輸送がなされ難い機関低回転運転時や、燃料噴射量が少なく混合気が希薄となり易い機関低負荷運転時において、点火プラグの近傍に適正濃度の混合気が存在する期間、すなわち点火可能期間が限

られしものである。そして、このような運転領域では点火可能期間を拡大することは困難であるため、結果として点火可能期間が機関性能上不十分となり、燃焼安定性が低下してしまうのである。

【0005】このような実状に鑑み、本発明は、燃料の分割噴射をよりの確に行うことによって燃料を適切な位置にかつ適切な集中度で分布させ、点火可能期間を運転領域全体に渡って十分に確保することができる内燃機関の燃焼制御装置を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】このため、本発明に係る内燃機関Eの燃焼制御装置は、燃焼室内に燃料を直接噴射する燃料噴射弁と、点火プラグとを備え、少なくとも圧縮行程において燃料を噴射する運転条件を持つ内燃機関の燃焼制御装置であって、図1に示すように、前記燃料噴射弁に対して、圧縮行程に燃料を噴射する場合の要求燃料噴射量を、圧縮行程において、前記燃料噴射弁の噴射特性がほぼ等しくなる複数の噴射期間に分割して、噴射させる分割噴射制御手段を備えることを特徴とする（請求項1）。

【0007】前記分割噴射制御手段は、前記分割して噴射された燃料のうち先に噴射されたものに対して、その後噴射された燃料が前記点火プラグの近傍において重なるように、噴射させるのが好ましい（請求項2）。また、本発明に係る内燃機関Eの燃焼制御装置は、前記点火プラグに対して、前記先に噴射された燃料と後に噴射された燃料とが点火プラグの近傍において重なり合っているときに点火させる点火時期制御手段を備えるのが好ましい（請求項3）。

【0008】前記分割噴射制御手段は、運転条件に応じて、噴射開始間隔及び噴射量割合のうち少なくとも一方を可変とするのが好ましい（請求項4）。この場合には、前記分割噴射制御手段は、機関回転速度の低下に応じて噴射開始間隔を拡大するのが好ましく（請求項5）、機関回転速度の低下に応じて全噴射量に対する最終回の噴射量割合を増大させるのが好ましく（請求項6）、機関負荷の低下に対して、噴射開始間隔をほぼ一定に保ちながら1回当たりの噴射量を減少させるのが好ましく（請求項7）、機関負荷の低下に応じて全噴射量に対する最終回の噴射量割合を増大させるのが好ましい（請求項8）。

【0009】また、本発明に係る内燃機関Eの燃焼制御装置は、前記分割噴射制御手段に対して、運転条件に応じて分割回数を設定する分割回数設定手段を備えるのが好ましい（請求項9）。前記分割噴射制御手段は、噴射期間の間の噴射休止期間が前記燃料噴射弁の最短閉弁期間より短くなる条件において、前記要求燃料噴射量を1回の噴射によって噴射するのが好ましく（請求項10）、この条件を、前記内燃機関Eの高回転及び高負荷運転条件として検出するのが好ましい（請求項11）。

【0010】前記分割噴射制御手段は、3回以上の分割噴射を行う場合に、後の噴射ほど直前の噴射からの噴射開始間隔を短縮して噴射させるのが好ましい（請求項12）。また、本発明に係る内燃機関Eの燃焼制御装置は、機関温度検出手段と、該手段からの出力を受け、機関冷間時に前記分割噴射制御手段による燃料の分割噴射を禁止させる分割噴射禁止手段を備えるのが好ましい（請求項13）。

【0011】

【発明の効果】請求項1に係る発明によれば、圧縮行程に燃料を噴射する場合の要求燃料噴射量を、前記分割噴射制御手段により、圧縮行程において複数の噴射期間に等しい噴射特性で分割噴射することで、次の効果を得ることができる。分割噴射された燃料のうち、先に噴射された燃料は、燃料噴射弁の噴射特性、噴射方向及び燃焼室内のガス流動の影響などによって定まる領域に、混合気を形成する。そして、この噴射の後に等しい噴射特性で噴射される燃料に対しては、先の噴射の影響で噴射方向に沿った流れが生じているため、後に噴射された燃料は、同様な形態の噴霧を形成しつつも、先に噴射された燃料より高速で燃焼室内を進む。従って、後に噴射された燃料を先に噴射された燃料に追い付かせて重なり合わせることににより、その位置において適切な集中度の混合気を形成することができる。

【0012】請求項2に係る発明によれば、点火プラグの近傍に上記適切な集中度の混合気を形成することができるので、点火プラグの近傍における適正濃度の混合気の存在時間、すなわち点火可能期間を十分に確保し、燃焼安定性を改善することができる。また、過度に希薄な混合気の形成を防止し、燃焼安定性の改善とHC発生量の低減との両立を図ることができる。

【0013】請求項3に係る発明によれば、前記点火時期制御手段により、点火時期が最適化される。請求項4に係る発明によれば、分割噴射された燃料の重なり合いが生じる位置や、その位置での燃料の集中度を、運転条件によらず、常に良好に保つことができる。

【0014】請求項5に係る発明によれば、機関回転速度の変動に対して、分割噴射された燃料の重なり合いが生じる位置の変化を抑えることができる。特に、燃料を吸気のタンブル流動に乗せて点火プラグに向けて輸送する場合に、このタンブル流動が弱くなり、燃料の輸送が行われ難い傾向にある機関低回転運転時においても、分割噴射された燃料の重なり合いが生じる位置を点火プラグの近傍に保ち、点火可能期間を確保することができる。

【0015】請求項6に係る発明によれば、次の効果を得ることができる。後に噴射された燃料は、先に噴射された燃料に対して比較的分散しないまま重なることから、後の噴射ほど噴射量割合を増大させれば、燃料の重なり合いによって形成される噴霧の燃料集中度を高める

ことができる。従って、例えば燃料を吸気のタンブル流動に乗せて点火プラグに向けて輸送する場合の機関低回転運転時において、最終回の噴射量割合を増大させることにより、燃焼安定性が低下し易い条件で点火プラグの近傍における燃料の集中度を高めることができ、燃焼安定性の改善を図ることができる。

【0016】請求項7に係る発明によれば、機関負荷の低下に対して噴射開始間隔をほぼ一定に保つことで、分割噴射された燃料の重なり合いが生じる位置を機関負荷によらず狙い通りに保つことができ、その位置における燃料の集中度の低下を防ぐことができる。そして、燃料を吸気のタンブル流動に乗せて点火プラグに向けて輸送する場合にあっては、要求燃料噴射量が少なく、混合気が希薄となり易い機関低負荷運転時においても、点火プラグの近傍における燃料の集中度を保ち、点火可能期間を確保することができる。

【0017】請求項8に係る発明によれば、次の効果を得ることができる。先に述べた通り、後の噴射ほど噴射量割合を増大させることで、燃料の重なり合いによって形成される噴霧の燃料集中度を高めることができる。従って、点火プラグの近傍に混合気を集中的に形成する場合において、要求燃料噴射量が少なく、希薄な混合気が形成され易い機関低負荷運転時であっても、最終回の噴射量割合を増大させることにより、点火プラグの近傍における燃料の集中度を良好なものとし、希薄な混合気の形成を抑え、点火可能期間を確保することができる。

【0018】請求項9に係る発明によれば、分割回数設定手段により、運転条件に応じて最適な回数に分けて燃料を噴射することができる。請求項10に係る発明によれば、要求燃料噴射量を確実に噴射し、負荷変動を防止することができる。請求項11に係る発明によれば、高回転及び高負荷運転条件における負荷変動を未然に防ぐことができる。

【0019】請求項12に係る発明によれば、分割噴射された燃料を適切な位置において重なり合わせるとともに、この重なり合いによって形成される噴霧の燃料集中度を、さらに高めることができる。すなわち、後に噴射された燃料ほど分散しないまま燃料の重なり合いが生じることは先に述べた通りであるが、要求燃料噴射量を3回に分けて噴射するとともに、後の噴射ほど直前の噴射からの噴射開始間隔を短縮して行うことで、後に噴射された燃料の分散がさらに抑えられ、重なり合いによる噴霧の燃料集中度をさらに高めることができるのである。そして、燃焼安定性が低下し易い条件において燃料の分布範囲及びその集中度をより良好なものとし、燃焼安定性のさらなる向上を図ることができる。

【0020】請求項13に係る発明によれば、機関壁面温度が高く、燃料の壁面付着が生じた場合においても燃焼性能への悪影響が少ない機関温間時のみ分割噴射を行い、機関冷間時には分割噴射を禁止することができる

ので、燃料の壁面付着による燃焼性能の悪化を防ぐことができる。

【0021】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の実施の形態として、本発明を直噴火花点火式内燃機関である4サイクル型の自動車用ガソリンエンジン（以下、単に「エンジン」という。）Eに適用した例について、図面を参照して説明する。図2は、エンジンEの側面断面図であり、圧縮行程の状態を表している。同図において、1はシリンダブロック、2はシリンダヘッドであり、シリンダブロック1には、凹状の冠面を形成するピストン3が挿入されている。そして、ピストン3の冠面とシリンダヘッド2との間に燃焼室4が形成される。

【0022】燃焼室4には、一側に吸気ポート5が、他側に排気ポート6が開口しており、各ポートは、それぞれに介装した吸気弁7又は排気弁8によって開閉される。なお、吸気ポート5と排気ポート6とは、それぞれ2つずつ設けられている。また、シリンダヘッド2には、燃焼室4の上側のほぼ中心部に位置するように点火プラグ9が取り付けられており、さらに2つの吸気ポート5、5の間で下寄りに位置させて燃料噴射弁10が取り付けられている。燃料噴射弁10は、燃焼室4内に燃料を直接噴射可能であり、図の一点鎖線Aで示すように、点火プラグ9の下方に向けて斜め下向きに燃料を噴射する。

【0023】ここで、燃焼室4内では、吸気ポート5の形状の作用によって吸気行程中に吸気のタンブル（縦渦）流動が形成されており、成層燃焼を行わせる場合には、燃料噴射弁10は、圧縮行程において燃料を噴射する。噴射された燃料は、上記タンブル流動に乗って燃焼室4内を点火プラグ9方向に輸送され、その結果、点火プラグ9の近傍に可燃空燃比の混合気が形成され、燃焼室4内の混合気が層状化される。

【0024】次に、本実施形態に係るエンジンEにおける混合気形成について、図3～7を参照してさらに説明する。まず、図3及び4を参照して、燃料噴射弁10によって噴射される燃料の噴霧形態について説明する。図3は、その噴霧形態の一例を表しており、図4は、噴射開始時刻 t_0 からの経過時間に対する噴霧角 α 及び噴霧速度 v の変化を示したものである。

【0025】本実施形態では、燃料噴射弁10によって圧縮行程において1回に噴射される燃料は、図3及び4に示すように、噴射開始初期の初期噴霧（噴射角 α が小さく、噴霧速度 v が高い）と、これに続く主噴霧（噴射角 α が大きく、噴霧速度 v が低い）とから形成される。そして、これらが一体となって、噴霧長 L のほぼ球状の噴霧を形成するのである。

【0026】そして、燃料噴射弁10は、圧縮行程に燃料を噴射する運転条件において、図5のタイムチャートに示すように、その条件で噴射すべき要求燃料噴射量

を、それぞれの噴射特性が等しくなる長さの複数の噴射期間に分けて、すなわち、それぞれの燃料の噴霧が初期噴霧と主噴霧とを含むように（従って、各回の噴射期間は、図4に示す初期噴霧期間 $t_0 \sim t_1$ より長い。）複数の噴霧に分けて、噴射する。なお、ここでは、2回の噴射期間 τ_1 及び τ_2 に分割して噴射する例を示している。

【0027】ここで、図5についてさらに説明する。当然のことながら、燃料を何回かに分割して噴射する場合には、1回当たりの噴射量は、要求燃料噴射量を1回のみの噴射によって噴射する場合のその1回の噴射量と比べて、低下する。ここで、噴霧先端到達距離を噴射量毎に示した図6を参照すると、分割噴射に係る第1回目の噴射による燃料の噴霧の先端到達距離は、1回のみの噴射による場合の噴霧先端到達距離より低下する。

【0028】一方、第1回目の噴射の終了時からわずかな噴射休止期間をあけて行われる第2回目の噴射による燃料の噴霧は、第1回目の噴射によって形成された噴射方向のガス流動に乗って燃焼室4内を進行するので、第1回目の噴射による燃料の噴霧より噴霧速度が高くなる。このため、第1回目の噴射による燃料の噴霧に対して、第2回目の噴射による燃料の噴霧が追い付き（ S_t4 ）、ある特定のタイミングでちょうど重なり合う状態となって、長さの短い複合的な噴霧を形成する（ S_t5 ）。そして、第2回目の噴霧の先端は、第1回目の噴霧の先端を追い越し、第1回目の噴霧より遠くまで到達する（ S_t6 ）。

【0029】このようにして要求燃料噴射量を複数回に分けて噴射することによって形成される複合的な噴霧は、1回のみの噴射による噴霧に比べてよりコンパクトであり、燃焼室4の一部に燃料をより集中させて分布させることができる。さらに、燃料の噴射開始間隔 τ_1 や、1回当たりの噴射量の全噴射量に対する割合などの噴射条件を、運転条件（例えば、機関回転速度及び機関負荷）に応じて可変に設定することにより、複数の噴霧が重なり合う位置や、燃料の集中度を常に最適に保つことができる。

【0030】そして、噴射された燃料は吸気のタンブル流動に乗って点火プラグ9方向へ輸送されるため、点火プラグ9の近傍において上記の重なり合いを生じさせることもできる。このようにして点火プラグ9の近傍に複合的な噴霧を形成することにより、成層燃焼を行わせる場合の混合気形成をより良好なものとし、燃焼安定性を改善することができる。

【0031】図7は、点火プラグ9の近傍における空燃比の変動を1回噴射の場合（点線で表示）と2回噴射の場合（実線で表示）とで比較して示したもののあるが、同図を参照すれば、点火プラグ9の近傍の空燃比が適正な範囲にある期間（点火可能期間）が、1回噴射の場合よりも長期化されていることが分かる。次に、以上に説明

した混合気形成のための制御内容について説明する。

【0032】ここで、図2を参照して、制御系の構成について簡単に説明する。点火プラグ9、燃料噴射弁10及びこれに燃料を高圧で供給する燃料ポンプ31は、エンジン制御用コントロールユニット（以下「ECU」という。）21によって制御され、これらの制御のため、ECU21へは、周知のクランク角センサ41、気筒判別センサ42、スロットルセンサ43、吸気量センサ44、燃料圧力センサ45、空燃比センサ46及び水温センサ47などからの信号が入力される。

【0033】ECU21は、これら各種センサからの信号を基にして、燃料噴射及び点火を制御する。燃料噴射は、機関回転速度と機関負荷とに応じた燃料噴射量を算出し、燃料ポンプ31によって必要な燃圧を発生させ、噴射パルス信号として噴射指令を発して燃料噴射弁10を駆動させて行う。また、点火は、点火信号によって図示しない点火コイルを駆動させ、点火プラグ9を放電させて行う。

【0034】図8は、圧縮行程に燃料を噴射する成層燃焼運転時における制御（主に、燃料噴射制御）のフローチャートである。以下、同図を参照して説明する。ステップ（以下「S」と略す。）1では、運転状態を検出する。すなわち、前述のセンサからの信号に基づいて、機関回転速度、機関負荷及び冷却水温などを検出する。

【0035】S2では、検出された運転状態に最適な燃料噴射量（要求燃料噴射量）を算出する。この計算は、理論的な計算式を用いても、またマップを用いて行ってもよい。S3では、算出された要求燃料噴射量と、燃料圧力センサ45によって検出された燃料圧力とに基づいて、噴射パルス信号幅（全噴射期間であり、1回のみの噴射による場合にはそのパルス幅に、分割噴射の場合には各パルスの合計幅に相当する。） τ を算出する。

【0036】S4では、冷却水温（機関壁面温度）から機関冷間時であるか否かを判定し、機関冷間時である場合にはS8へ、それ以外の場合（機関温間時）にはS5へ進む。S8における制御についてはさらに後述するが、機関冷間時には、機関壁面温度が低く、燃料の壁面付着による燃焼性能への悪影響が大きいので、分割噴射を禁止して1回のみの単一噴射とし、S8で設定される噴射開始時期より噴射するのである。従って、S4は、分割噴射禁止手段を構成する。

【0037】S5では、図9に示すような傾向のマップを参照して、1回のみの噴射とするか、または分割噴射とするかについての噴射モードを決定する。噴射モードは、機関回転速度及び機関負荷に応じた領域毎に設定し、成層燃焼運転を行う低回転低負荷運転条件（領域A1及びA2）において圧縮行程噴射とし、このうち、特に機関回転速度及び機関負荷が低い領域A1で分割噴射モードを選択し、それ以外の領域A2で1回噴射モードを選択する。一方、領域A1及びA2以外の領域Bで

は、単一の吸気行程噴射（すなわち、1回噴射モード）を選択し、均質燃焼運転を行う。そして、分割噴射モードが選択された場合にはS6へ進み、1回噴射モードが選択された場合にはS8へ進む。

【0038】S6では、噴射パルス信号幅（全噴射期間） τ 及び分割回数N（ここでは2）を用い、かつ図10に示すような傾向のマップを参照して、各回の噴射における噴射パルス信号幅 τ_1 、 τ_2 を算出する。なお、図10のマップは、要求燃料噴射量に対する最終回（2回目）の噴射量割合 r の最適値を、機関回転速度と機関負荷とに応じて割り付けたものであり、低回転及び低負荷ほど大きく設定してある。ここで、噴射パルス信号幅 τ_1 及び τ_2 は、 $\tau_1 = \tau - \tau_2$ 、 $\tau_2 = \tau \times r$ である。

【0039】このように最終回の噴射量を機関回転速度及び機関負荷に応じて変化させるのは、次の理由による。一般的に、燃焼室内に噴射された燃料は、時間の経過とともに分散（拡散）し、成層化された混合気塊の周囲に希薄な混合気が形成され、これがHC排出の主な原因となる。分割噴射を行う場合には、前述の通り燃料の集中化が可能であるが、同一の間隔で燃料を噴射するとすれば、最終回に噴射される燃料の割合を大きくした方が分散が抑えられ、希薄な混合気の発生を抑制することができるのである。

【0040】従って、燃焼安定性が低下し易い機関低回転運転時及び機関低負荷運転時ほど最終回の噴射量割合を増すことにより、点火プラグ9の近傍における燃料の集中度をより増大させ、点火プラグ9の近傍における適正濃度の混合気存在時間を延長し、燃焼安定性の低下を防ぐことができる。S7では、図11に示すような傾向のマップを参照して、噴射開始間隔 τ_{12} を設定する。噴射開始間隔 τ_{12} は、図示のように、機関回転速度が低いほど拡大する。つまり、吸気のタンブル流動が弱くなり、噴射された燃料の点火プラグ9方向への輸送が行われ難くなるほど、噴射開始間隔 τ_{12} を拡大するのである。

【0041】また、各回の噴射量は、機関負荷の低下に応じて減少されるが、その一方で噴射開始間隔 τ_{12} は、図11のマップに示すように、機関回転速度が一定であるならば、機関負荷が変化したとしてもほぼ一定に保たれるようにすることにより、分割噴射された燃料の重なり合いが生じる位置が、機関負荷によらず常に点火プラグ9の近傍となるようにしている。これにより、機関低負荷運転時においても燃料の集中度を良好なものとし、点火可能期間を確保することができる。

【0042】S8では、噴射開始間隔 τ_{12} 及び噴射パルス信号幅 τ_2 を用い、かつ図12に示すような傾向の噴射終了時期 C_e のマップを参照して、各回の噴射開始時期 C_1 及び C_2 を設定する。図12のマップは、噴射終了時期 C_e の最適値を機関回転速度と機関負荷とに

じて割り付けたものであり、機関低回転運転時ほど、また機関高負荷運転時ほど遅角側としている。そして、各噴射開始時期は、 $C_1 = C_e - C(\tau_{12}) - C(\tau_2)$ 、及び $C_2 = C_e - C(\tau_2)$ の2つの式から算出することができる。なお、 $C(\tau_2)$ は、噴射期間 τ_2 のクランク角換算値である（他の期間についても同様）。

【0043】S9では、図13に示すような傾向のマップを参照して、点火時期ADVを設定する。図13のマップは、点火時期ADVの最適値を機関回転速度と機関負荷とに応じて割り付けたものであり、機関低回転運転時ほど、また機関高負荷運転時ほど遅角側としている。このマップを参照して点火時期ADVを設定した結果、分割噴射された複数の噴霧が点火プラグ9の近傍において重なり合う時期に点火プラグ9が作動する。従って、S9は、点火時期制御手段を構成する。

【0044】以上に説明したように、圧縮行程に燃料を噴射する場合の要求燃料噴射量を、燃料噴射弁10の噴射特性が等しい、すなわち、それぞれの燃料の噴霧がほぼ同様な形態となる長さの複数の噴射期間 τ_1 及び τ_2 に分けて噴射するとともに、先に噴射された燃料の噴霧に対して後に噴射された燃料の噴霧が点火プラグ9の近傍において重なり合うように噴射することで、点火プラグ9の近傍に形成される混合気の燃料の集中度を高め、可燃混合気周囲の過度に希薄な混合気の発生を防ぐとともに、点火プラグ9の近傍における適性濃度の混合気存在時間、すなわち点火可能期間を十分に確保し、燃焼安定性を改善することができる。

【0045】なお、図8に示したフローチャートのステップのうち、S1～8の処理が分割噴射制御手段を構成し、S9の処理が点火時期制御手段を構成する。図14は、本発明の他の実施形態としての燃料噴射制御における噴射モード決定用のマップ（前述のS5において参照された図9のマップに相当する。）を示している。

【0046】ここでは、噴射モードは、前述同様に機関回転速度及び機関負荷に応じた領域毎に設定され、成層燃焼運転を行う低回転低負荷運転条件（領域A1-2、A1-3及びA2）において圧縮行程噴射とし、それ以外の条件（領域B）では単一の吸気行程噴射（すなわち、1回噴射モード）を選択して均質燃焼運転を行う。さらに、成層燃焼運転を行う場合において、特に機関回転速度及び機関負荷が低い領域A1-2及びA1-3で分割噴射モードを選択するが、このうち低回転及び中負荷程度の運転条件となる領域A1-3において、要求燃料噴射量を3回に分けて噴射する3回噴射モードを選択する。それ以外の領域A1-2では、2回噴射モードを選択する。

【0047】なお、領域A2では、単一の圧縮行程噴射（すなわち、1回噴射モード）を選択する。図15は、3回噴射モードが選択された場合における噴射期間及び

点火時期、並びに分割噴射された燃料の噴霧の先端到達距離を、時間の経過に対して示した図である。

【0048】3回噴射モードにおいても、燃料噴射弁10は、要求燃料噴射量（噴射パルス信号幅 τ ）を噴射特性が等しい（各回の噴射パルス信号幅 $\tau_1 \sim \tau_3$ は、図4に示す初期噴霧期間 $t_0 \sim t_1$ より長い。）複数の噴霧に分けて噴射する。ここで、噴射開始間隔 τ_1 及び τ_2 は、後の噴射ほど直前の噴射から短い時間に設置されるのがよい。すなわち、3回噴射モードを例にとれば、 $\tau_2 < \tau_1$ とする。

【0049】そして、先に噴射された燃料の噴霧は後に噴射された燃料の噴霧に追い付いて重なり合うため、第1回目～第3回目に噴射された燃料を点火プラグ9の近傍において重なり合わせ、ここに2回噴射による場合より長さが短く、集中度がより高い複合的な噴霧を形成することができる。なお、このように形成された複合的な噴霧に対して点火するのが好ましいことは、言うまでもない。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の構成を示すブロック図

【図2】本発明の一実施形態に係る直噴ガソリンエンジンの断面側面図

【図3】燃料噴射時における噴霧の拡大図

【図4】同上噴霧の噴霧角及び速度の変化を示す図

【図5】分割噴射（2回噴射）を行う場合における噴射期間及び点火時期、並びに分割して噴射された燃料噴霧の先端到達距離を、時間の経過に対して示す図

【図6】噴霧先端到達距離と噴射量との関係を示す図

【図7】1回噴射の場合と2回噴射の場合との点火可能

期間の違いを示す図

【図8】本発明の一実施形態に係る燃料噴射制御のフローチャート

【図9】噴射モード決定用のマップの一例を示す図

【図10】全燃料噴射量に対する最終回の噴射量割合の、機関運転条件に応じた変化傾向を示す図

【図11】噴射開始間隔の機関運転条件に応じた変化傾向を示す図

【図12】噴射終了時期の機関運転条件に応じた変化傾向を示す図

【図13】点火時期の機関運転条件に応じた変化傾向を示す図

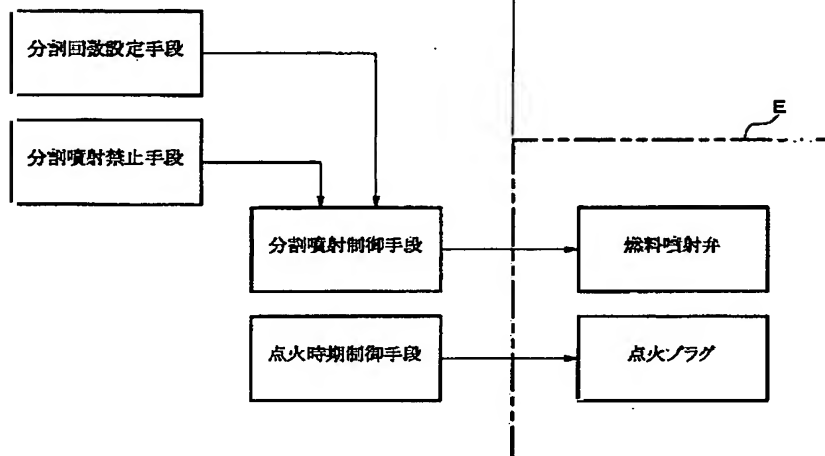
【図14】噴射モード決定用のマップの他の例を示す図

【図15】分割噴射（3回噴射）を行う場合における噴射期間及び点火時期、並びに分割して噴射された燃料噴霧の先端到達距離を、時間の経過に対して示す図

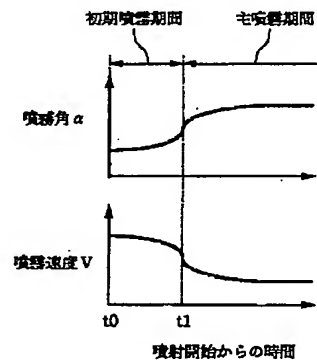
【符号の説明】

- E…エンジン
- 1…シリンダブロック
- 2…シリンダヘッド
- 3…ピストン
- 4…燃焼室
- 5…吸気ポート
- 6…排気ポート
- 9…点火プラグ
- 10…燃料噴射弁
- 21…エンジン制御用ユニット
- 31…燃料ポンプ

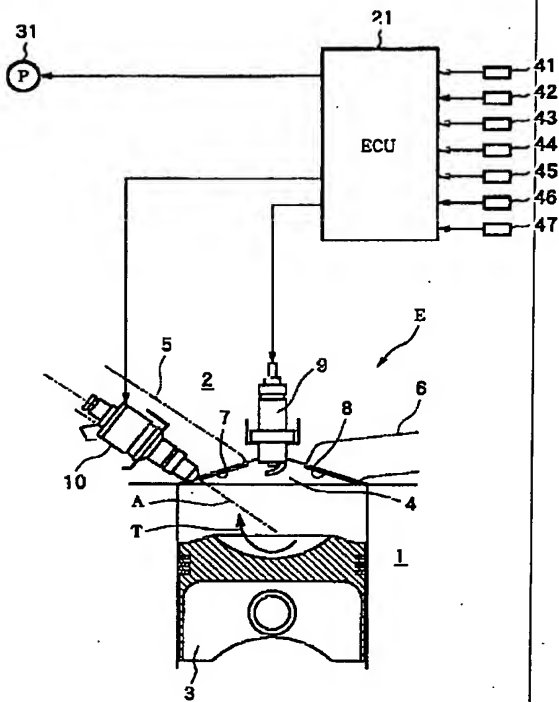
【図1】



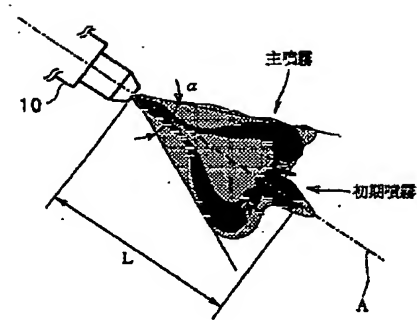
【図4】



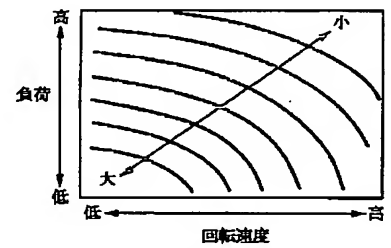
【図2】



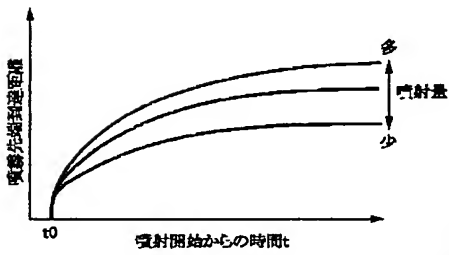
【図3】



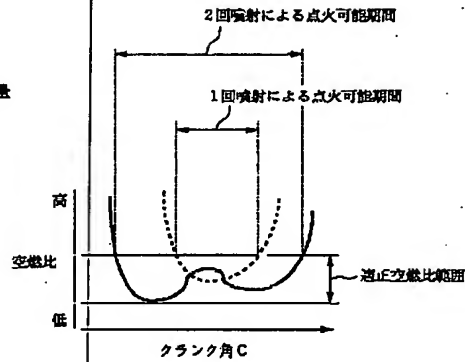
【図10】



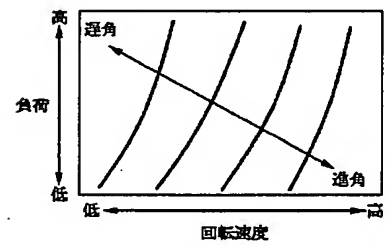
【図6】



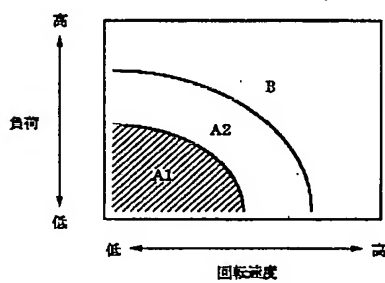
【図7】



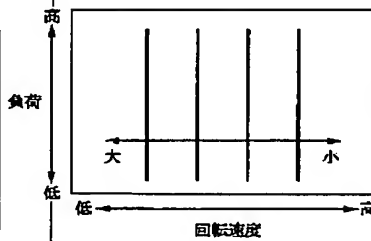
【図13】



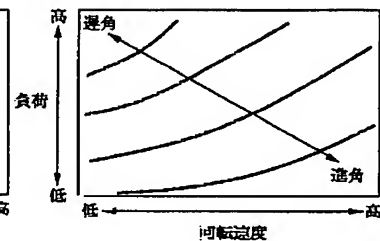
【図9】



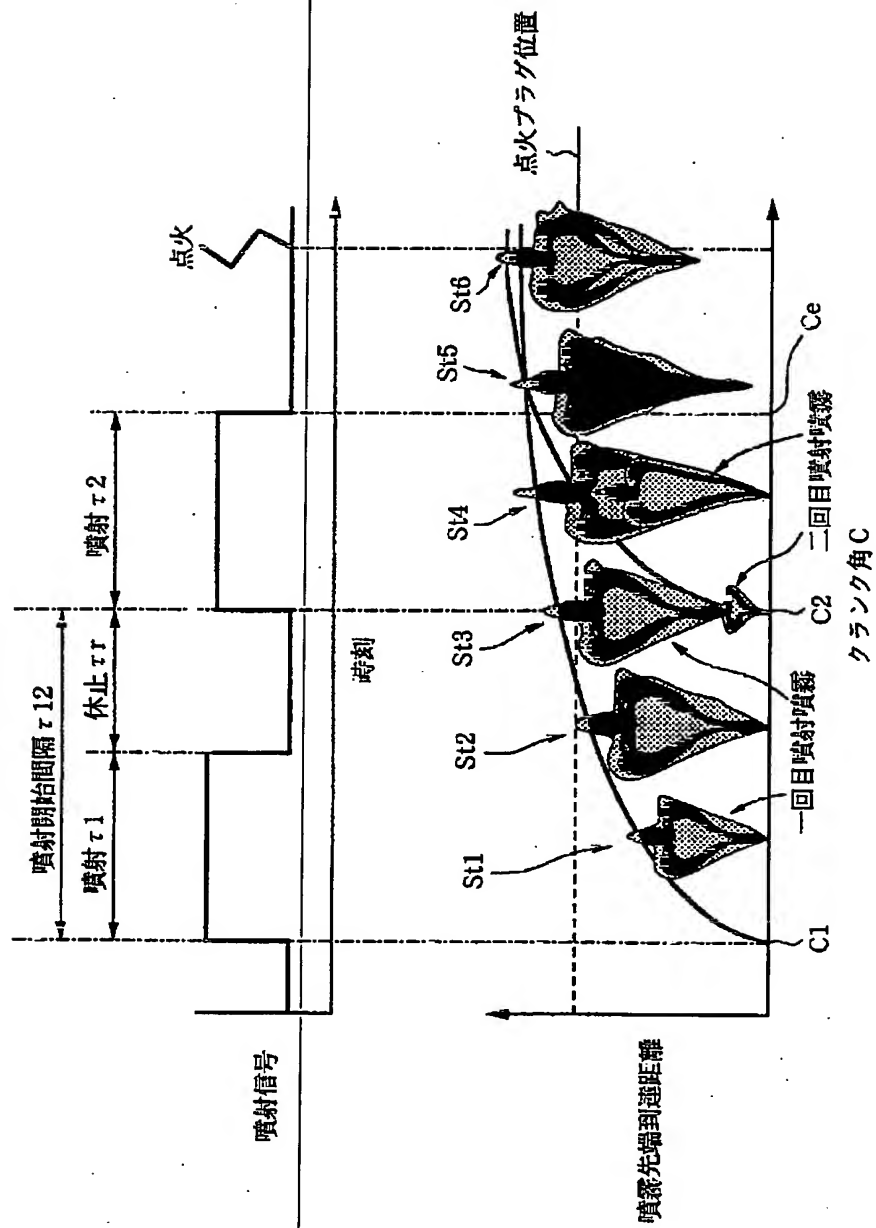
【図11】



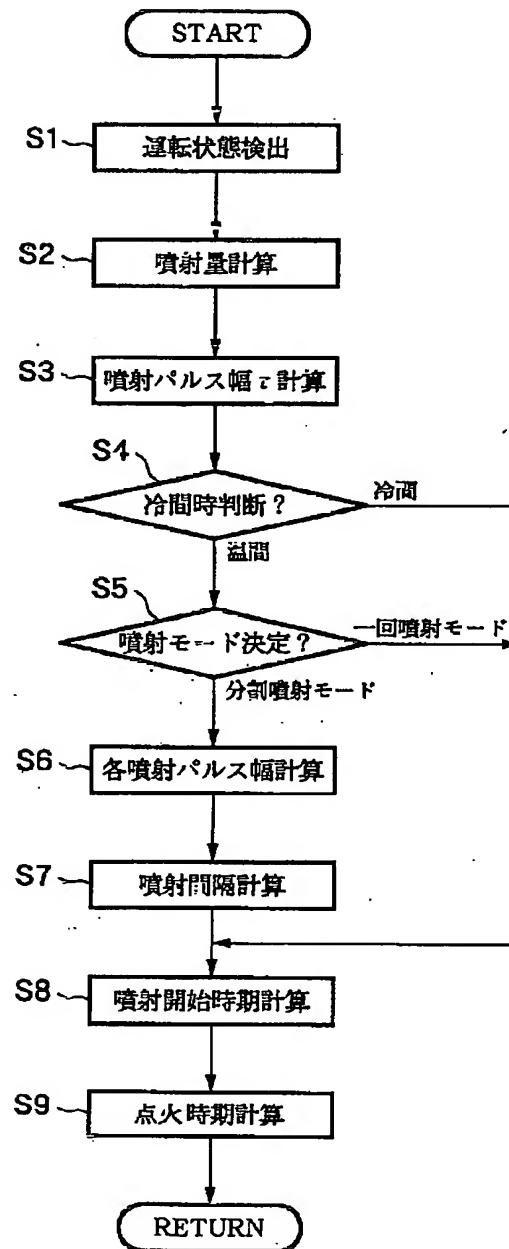
【図12】



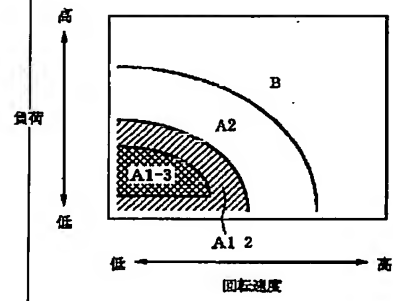
【図5】



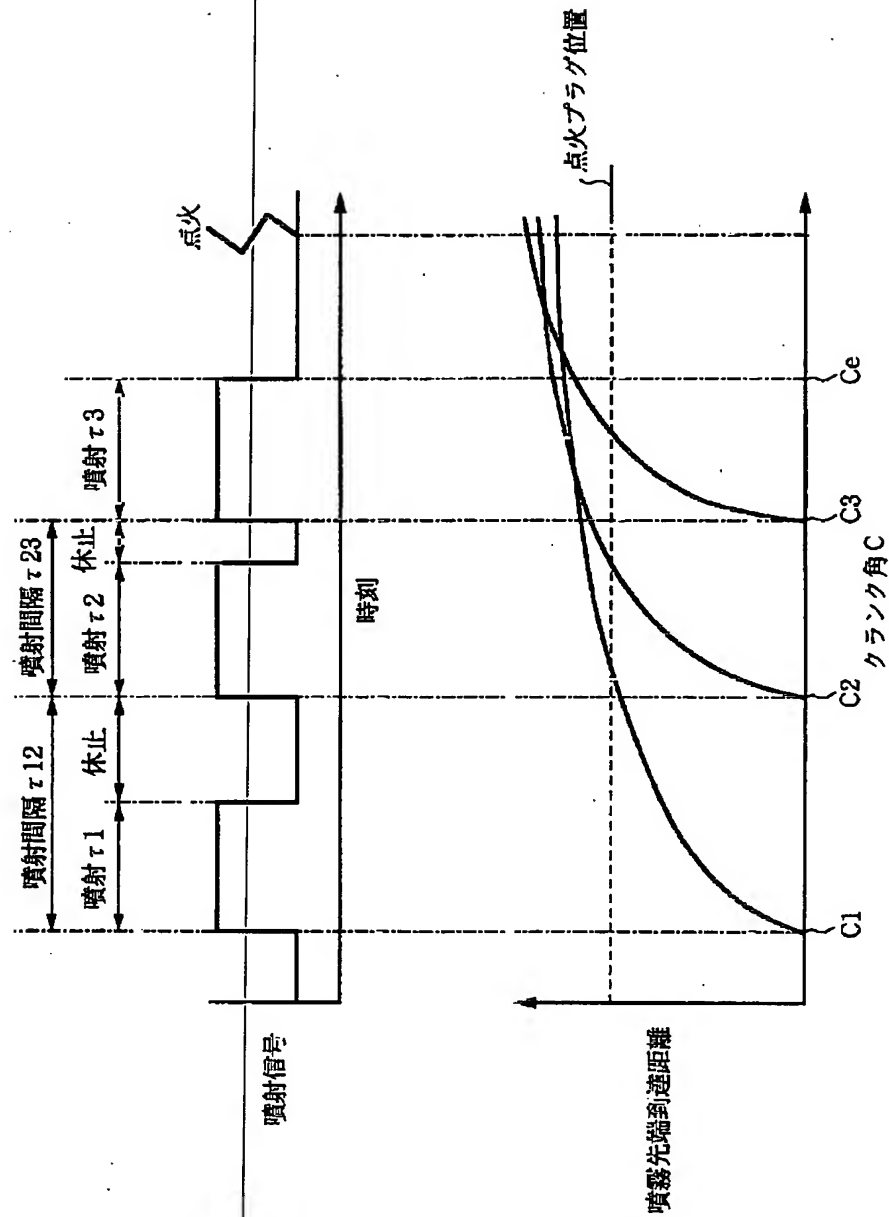
【図8】



【図14】



【図15】



フロントページの続き

(72)発明者 久保 賢明
 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
 自動車株式会社内
 (72)発明者 漆原 友則
 神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
 自動車株式会社内

Fターム(参考) 3G022 AA07 EA00 GA05 GA06 GA08
 GA09
 3G023 AA00 AA01 AA04 AB03 AC05
 AD01 AD06 AD29 AG01
 3G301 HA01 HA04 HA16 JA26 KA09
 KA25 LB04 MA11 MA18 MA26
 PA01Z PA11Z PB08Z PD03Z
 PE01Z PE03Z PE05Z PE08Z